

Struktur- und Parameteridentifikation

Übung 5

Mit dieser Übung sollen die Parameter eines einfachen nichtlinearen Modells geschätzt und diese Schätzung mit Hilfe der **Optimalen Versuchsplanung** (OVP) verbessert werden. Zur Bearbeitung der Aufgaben steht Ihnen die Datei `uebung4.m` zur Verfügung.

1. Beurteilen der Parameteridentifikation

In der vergangenen Übung wurden die maximale Wachstumsrate μ_{\max} , die Halbsättigungskonstante K_S und der Ertragskoeffizient $Y_{X/S}$ des folgenden Modells angepasst:

$$\begin{aligned}\dot{m}_X(t) &= \mu(c_S(t)) \cdot m_X(t) \\ \dot{m}_S(t) &= -\frac{1}{Y_{X/S}} \cdot \mu(c_S(t)) \cdot m_X(t) + c_{S, \text{zu}} \cdot u(t),\end{aligned}$$

das Reaktionsvolumen $V(t)$ ändert sich dabei mit der Zufütterrate $u(t)$,

$$\dot{V}(t) = u(t).$$

Die Wachstumsrate $\mu(c_S(t))$ soll durch

$$\mu(c_S(t)) = \mu_{\max} \cdot \frac{c_S(t)}{c_S(t) + K_S} \quad \text{Monod-Kinetik}$$

beschrieben werden. Gemessen werden die Konzentrationen c_X und c_S ,

$$\begin{aligned}c_X(t) &= \frac{m_X(t)}{V(t)} \\ c_S(t) &= \frac{m_S(t)}{V(t)}.\end{aligned}$$

Aufgaben:

- Vervollständigen Sie in `biomodell_zdgl_XP.m` die Formel für die **Sensitivität des Zustands \mathbf{X}_p**
- Ergänzen Sie die Datei `biomodell_FIM.m`, um die **Fisher'sche Informationsmatrix \mathbf{F}** bei gegebenem Messdaten-Struct, Parametersatz und Kovarianz des Messrauschens zu berechnen.
- Erweitern Sie das Skript `Parameteranalyse.m`, um folgenden **Kenngößen** der Parameteridentifikation **aus der Fishermatrix** zu berechnen:
 - Korrelation **corr** für alle Parameterkombinationen
 - Konditionszahl **CN**
 - Eigenvektoren** und **Eigenwerte**

- iv. Standardabweichung der Parameter
 - v. Standardabweichung bezogen auf den Parameterwert
 - d) Beurteilen Sie das Modell und die Anpassung. Nutzen Sie dafür die vorhandenen Parameterwerte im Skript `uebung4.m` und plotten Sie die Ergebnisse mit den bereitgestellten Funktionen.
 - e) Welcher Parameter streut am meisten? Bestehen starke Korrelationen?
 - f) Zeichne ein Flussdiagramm, das den Programmablauf beschreibt!
2. Optimale Versuchsplanung
- a) Mit Hilfe der Funktion `OVP.m` wird die Optimale Versuchsplanung durchgeführt. Darin befinden sich die Unterfunktionen `guete_ovp` und `cons_fcn`, in der das Gütefunktional bzw. nichtlineare Beschränkungen (hier: Beschränkungen der Zustands- und Messgrößen) berechnet werden. Bauen Sie als Güte-Kriterium der OVP das A-Kriterium ein und implementieren Sie die Normierung der Fishermatrix in der Unterfunktion `guete_ovp` in der Datei `OVP.m`.
 - b) Führen Sie nun eine OVP durch. Dabei soll sich die Zufütterraten alle fünf Stunden ändern können. Es gelten dabei folgende Beschränkungen: $0 \leq u(t) \leq 0.04$, $0 \leq m_X(t) \leq 35$, $0 \leq m_S(t) \leq 25$ und $2 \leq V(t) \leq 4$. Beurteilen Sie die OVP anschließend im Hinblick auf die erreichbare Güte der Parameter (mit obigen Bedingungen).
 - c) Erzeugen Sie mit der Datei `biomodell_messdaten_real.m` und dem neuen Stellgrößenprofil neue Messdaten und vergleiche diese mit der Vorhersage der OVP.
 - d) Führen Sie in Cell 7 eine erneute Parameteridentifikation mit allen verfügbaren Messdaten durch. Was ändert sich bei den obigen Kenngrößen der Parameterungenauigkeiten?
 - e) Wie gehen Sie weiter vor?
 - f) Zeichne ein ordentliches Aktivitätsdiagramm (siehe MVP) für die OVP!